

Для снижения полного времени охлаждения необходимо использовать либо асимметричную схему охлаждения при минимальном времени цикла, равном 5 минутам, либо симметричную схему с временем охлаждения – 30 минут и временем выдержки – 5 минут.

### Список использованных источников

1. Прибытков И.А. Теплообмен излучением: уч. пособие / И.А. Прибытков. – М.: МИСИС, 2008. – 98 с.
2. Теплотехника металлургического производства. Т.2 / Под редакцией В.А. Кривандина. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
3. Арутюнов В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей / В.А. Арутюнов, В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников. – М.: Металлургия, 1990. – 239 с.
4. Гусовский В.Л. Методики расчета нагревательных и термических печей / В.Л. Гусовский, А.Е. Лифшиц. – М.: Теплотехник, 2004. – 400 с.

УДК 62-403.3

**С. А. Проданов, Г. В. Воронов**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ФУРМ КВС

### Аннотация

*В работе проанализирована схема подачи кислородно-воздушной смеси (КВС) в рабочее пространство печи. Имеющаяся конструкция фурмы не выдерживает тепловых нагрузок в результате чего фурмы выходят из строя. В соответствии с этим было проведено исследование тепловой работы фурм КВС и сделаны соответствующие выводы и предложения.*

*Ключевые слова:* печь Ванюкова, фурма КВС, тепловая работа, охлаждение фурмы.

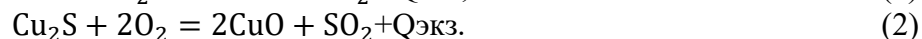
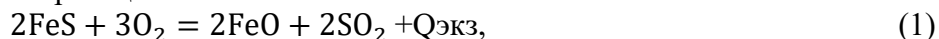
### Abstract

*In the paper, the scheme for supplying an oxygen-air mixture (OAM) to the working space of the furnace is analyzed. The existing construction of the tuyere does not withstand thermal loads, as a result of which the tuyeres fail. In accordance with this, a study of the thermal performance of tuyeres of the OAM was carried out and the corresponding conclusions and proposals were made.*

*Keywords:* Vanyukov furnace. OAM lance, thermal work, cooling of the furnace.

Объектом исследования стала печь Ванюкова, одна из наиболее современных и перспективных печей для переработки медных, медно-никелевых и медно-цинковых концентратов. Принципиальная схема печи изображена на рис. 1.

В печи протекает автогенный процесс, то есть за счет непрерывной подачи кислорода происходят экзотермические реакции:



Выделяемое в вышеуказанных реакциях тепло позволяет протекать реакциям диссоциации сульфатов шихты. Кислород для дутья подается через кислородно-воздушные фурмы, образуя надфурменную зону. Рыло фурмы подвергается активному воздействию расплава, в результате чего фурма выходит из строя, на рис. 2 изображены прогоревшие фурмы КВС.

По чертежам фурмы, при помощи программы Solid Works была построена трехмерная модель, задан материал фурмы – медь, модель изображена на рис. 3.

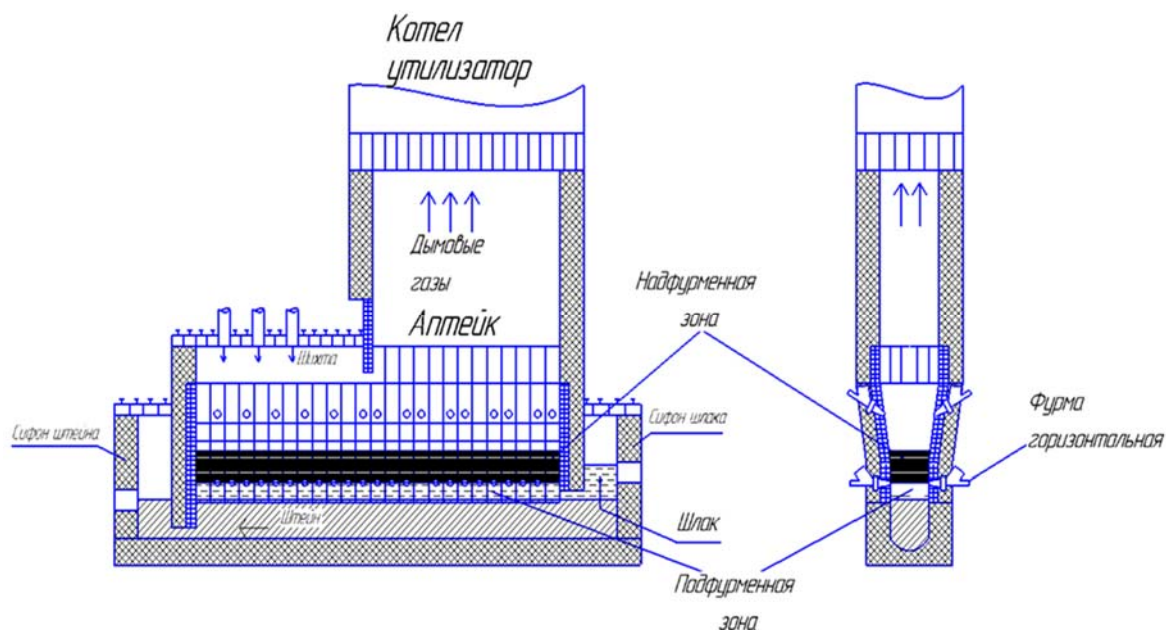


Рис. 1. Принципиальная схема работы печи Ванюкова



Рис. 2. Прогоревшие фурмы КВС

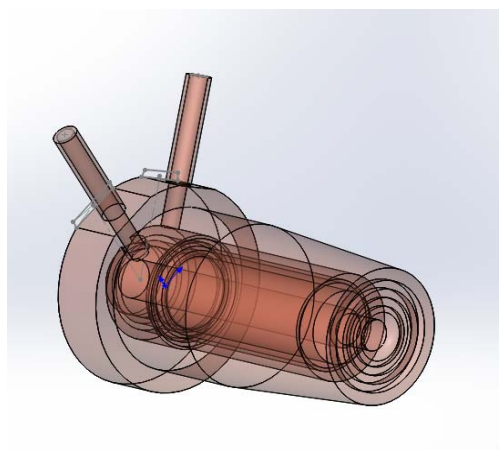


Рис. 3. Трехмерная модель фурмы КВС

На реально действующем объекте были определены граничные условия: перепад температур охлаждающей воды на входе и выходе из фурмы, давление охлаждающей воды на входе в фурму. С помощью пакета Flow Simulation была рассчитана модель теплового распределения, траектории движения охлаждающей жидкости, которые представлены на рисунках 4–6.

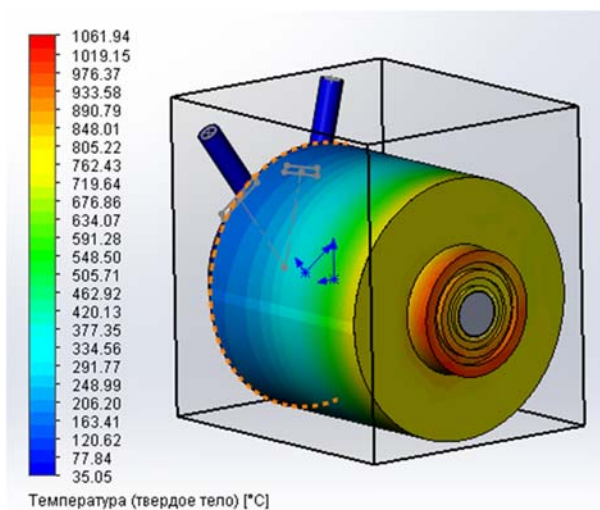


Рис. 4. Температурное поле на поверхности твердых тел (фурма и участок кессона в который она встроена)

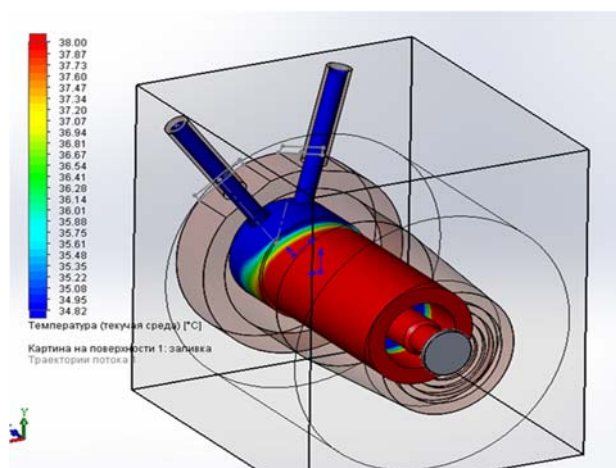


Рис. 5. Температурное поле на поверхности жидкости

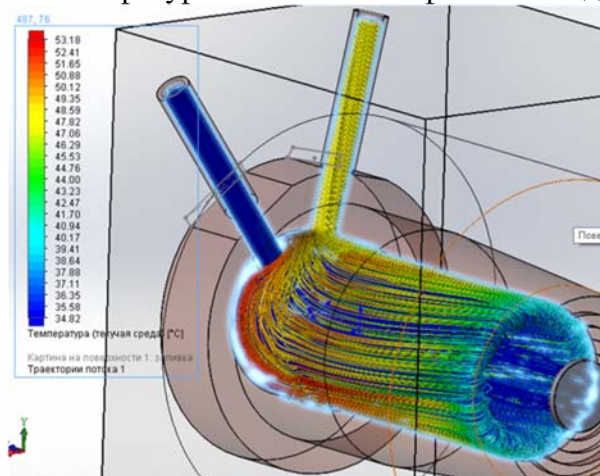


Рис. 6. Траектория движения охлаждающей жидкости

Отталкиваясь от базовой модели, соответствующей фактической тепловой работе фурмы КВС, с помощью программы изменялись граничные условия: давление воды на входе, температура охлаждающей воды. В результате были получены зависимости, в соответствии с которыми можно сделать несколько заключений:

– увеличение давление на входе не оказывает существенного влияния на интенсивность теплообмена, увеличение давления приводит к снижению перепада между температу-

рой охлаждающей воды на входе и выходе. Увеличение давления в три раза увеличивает интенсивность теплообмена не более 0,1 %;

– увеличение температуры воды на входе оказывает более существенное влияние, с повышением температуры воды её теплоемкость снижается, а значит и снижается количество тепла отданного охлаждающей воде.

В перспективе будут рассмотрены альтернативные конструкции фурм предполагающие наиболее оптимальное охлаждение.

#### Список использованных источников

1. Механика жидкостей и газов / В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Я.М. Гордон [и др.]: учебное пособие. – М.: Академкнига, 2003. – 464 с.

2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Под ред. А.С. Телегина. – М.: Металлургия, 1993. – 528 с.

УДК 662.76

**П. А. Ральников, Н. А. Абаимов, А. Ф. Рыжков**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

### ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ В ПИЛОТНОМ КИСЛОРОДНОМ ПОТОЧНОМ ГАЗИФИКАТОРЕ

#### Аннотация

*Потребности металлургии в большом количестве электроэнергии целесообразно покрывать с использованием современных энергетических технологий, одной из которых является газификация твёрдого топлива. В докладе описывается численное исследование особенностей работы пилотного одноступенчатого кислородного газификатора ООО «НПО ЦКТИ» под давлением с сухой подачей угольной пыли. Численное моделирование работы установки проведено с использованием метода вычислительной гидродинамики CFD. Для сокращения времени расчёта геометрия исследуемого газификатора была упрощена до сегмента в 45 градусов. Произведено исследование расчетной сетки, выбрана наиболее оптимальная сетка для дальнейших расчетов. Произведено моделирование процесса поточной газификации и проанализированы результаты. Исследование показало, что в процессе газификации реагирующая смесь не достигает состояния химического равновесия, а значит требуется удлинение установки или закрутка потока.*

*Ключевые слова: газификация, вычислительная гидродинамика, уголь, кислородное дутьё, поточный газификатор.*

#### Abstract

*Metallurgy need of a large number of electricity is advisable to cover by the modern energy technologies, one of which is the solid fuel gasification. Numerical study of characteristics of pilot one-stage oxygen gasifier "NPO CKTI" under pressure with dry fuel delivery powdered solid fuel is described in the report. Numerical modeling of the units carried out using computational fluid dynamics (CFD) method. The geometry of the studied gasifier was simplified to the segment of 45 degrees for reducing of computation time. the research of computational grid was carried out, the optimal grid for further calculations was chosen. Modeling of the process flow gasification was carried out and the results was analyzed. The study showed that the gasification process does not achieve a full equilibrium in this plant. For the complete gasification is needed to do the plant longer or to add a swirling flow.*

*Keywords: gasification, CFD, solid fuel, oxygen-blowing, entrained-flow gasifier.*